



婴幼儿 体外循环管理

● ● ● 阜外医院体外循环科 刘晋萍

Date : 2013-08-07



主要内容

1

体外循环术前准备

2

体外循环术中监测

3

体外循环术中管理

4

重要脏器保护

5

特殊病种体外循环简介



主要目的

- 减少预充总量
- 减少血液制品的应用
- 完善术中管理
- 减少术后并发症的发生





婴幼儿生理特点

- 肺表面活性物质含量少，肺泡数量少
- 机体代谢旺盛，组织氧摄取率高
- 毛细血管通透性高
- 免疫系统发育不健全
- 体温调节机制不健全



➤ 常见问题:

- ✓ 如何进行血液稀释?
- ✓ 如何减少术中左心回血量?
- ✓ 如何实施肺保护?
- ✓ 如何避免血红蛋白尿?
- ✓ 如何减少术后渗血?

紫绀



➤ 紫绀患儿特点

- ✓ 属复杂、紫绀类先天性心脏病，按**紫绀**程度分为*

轻度

血红蛋白浓度 $<15\text{g/dl}$

中度

血红蛋白浓度 $15\text{g/dl}\sim 18\text{g/dl}$

重度

血红蛋白浓度 $>18\text{g/dl}$

*来自阜外医院儿科体外循环管理常规，仅供参考



体外循环术前准备



体外循环术前准备

➤ 访视病人

- ✓ 术前一般状况
- ✓ 血常规（白细胞，血红蛋白浓度，血小板）
- ✓ 凝血功能
- ✓ 肝功能
- ✓ 肾功能
- ✓ 了解患儿术前诊断、拟行手术



体外循环术前准备

➤ 物品准备

- ✓ 选择预充量小，气体交换性能好的人工肺
- ✓ 适宜的动脉、静脉插管
- ✓ 选用预充量尽量少的管道、动脉微栓滤器
- ✓ 备有血液超滤器及连接管道
- ✓ 心肌保护管道



体外循环术前准备

➤ 物品准备

- ✓ 体外循环机
- ✓ 氧合器、动脉微栓过滤器、管道、氧气源
- ✓ 变温水箱

基础设施

第一代

- ✓ 人工肾（血液过滤器）
- ✓ 空氧混合器
- ✓ 混合静脉血氧饱和度仪
- ✓ 自体血液回收机（**cell saver**）

完善设施

第二代



体外循环术前准备---监测仪器



静脉负压辅助引流装置
VAVD

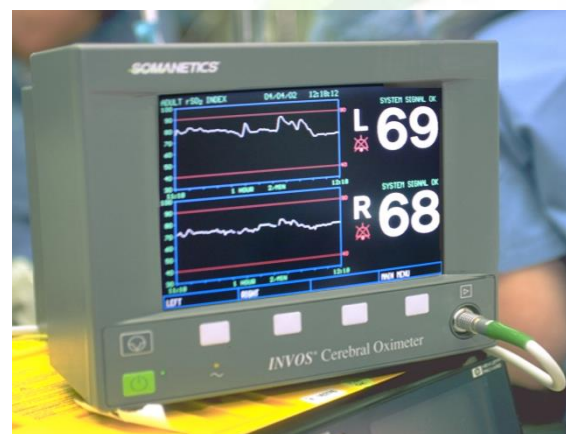


血栓弹力图
TEG

第三代



持续动静脉血气分析仪
CDI500



近红外脑氧饱和度仪
NIRS



体外循环术前准备---体外循环机



当今主流
体外循环机



五泵头—必需
六泵头—最佳



体外循环术前准备---氧合器



鼓泡氧合器

VS



进口或国产膜肺





体外循环术前准备---氧气源



纯氧吸入

VS



空氧混合器



体外循环术前准备---阜外型婴幼儿体外循环管道套包

	<10kg	10-15kg	15-20kg	20-30kg
管道套包* (型号)	D	C	B	A
A~V~LV* (英寸)	5/32~ 1/4~5/32	3/16~ 1/4~5/32	1/4~1/4~ 5/32	1/4~3/8~ 1/4
静态预充量 (ml)	150~180	280~350	400~500	550~600

*天津塑料研究所生产



体外循环术前准备---主动脉插管

流量 (ml)	管径 (Fr)	体重 (kg)
400 ~ 800	8	<4
800 ~ 1200	10~12	5~10
1200 ~ 1800	12~14	10~15
1800 ~ 2000	14~16	15~20
2000 ~ 2500	16	>20
2500 ~ 3000	18	20~30



体外循环术前准备---腔静脉插管

流量 (ml/min)	SVC (/FR)	IVC	体重 (kg)
0~400	14	16	<4
400~700	16	16	<5
700~1000	16	18	5~10
1000~1500	18/20	20/22	10~15
1500~2000	20/22	22/24	15~20
2000~2500	24	26	>20
2500~3000	26	28	20~30
3000~3500	28	28/30	>30



体外循环术前准备---特殊插管及管道选择

体重	股动脉	右房管	金属直角上腔	直角下腔
0-5 kg	6-8 Fr	18-20 Fr	10-12 Fr	12-14 Fr
5-9 kg	8 Fr	20-22 Fr	12 Fr	14-16 Fr
9-15 kg	10-12Fr	22-24 Fr	14 Fr	18-20 Fr
15-25 kg	12-14Fr	24 Fr	16 Fr	20 Fr
25-36 kg	16/18 Fr	26 Fr	16 Fr	20 Fr



体外循环术前准备---预充

➤ 预充方案的理论基础

- ✓ 患儿各脏器发育不成熟，代偿调节能力差；
- ✓ 预充量与患儿机体血容量比值大，对机体内环境影响大



体外循环术前准备---预充

➤ 预充方案——目标

- ✓ 体外循环中红细胞压积维持在**20%~30%**
- ✓ 维持满意的血浆胶体渗透压（术中**12-14mmHg**）
- ✓ 维持预充液中酸碱平衡稳定
- ✓ 补充电解质



体外循环术前准备---预充

➤ 预充液成分

- ✓ 洗涤悬浮红细胞；
- ✓ 新鲜冰冻血浆；
- ✓ 人血白蛋白；
- ✓ 勃脉力（**Plasmalyte-A**, 平衡液）；
- ✓ 人工胶体类产品；
- ✓ **20%**甘露醇
- ✓ **5%**碳酸氢钠；
- ✓ 葡萄糖酸钙、硫酸镁、氯化钾、氯化钠；
- ✓ 速尿；
- ✓ 抗菌素；
- ✓ 甲基强的松龙。



➤ 血液稀释原则

- ✓ 轻紫或非紫患儿：红细胞悬液+人工胶体/白蛋白
- ✓ 中紫患儿：红细胞悬液少或无+人工胶体/白蛋白
- ✓ 重紫患儿：红细胞悬液无+人工胶体/血浆少

(术前或术中放血)

预期的红细胞压积
转中：20%~27%
转后：≥35%

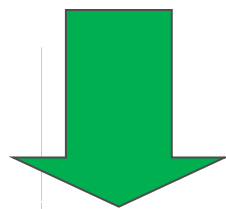
预期的胶体渗透压
转中：12~14mmHg
转后：≥18mmHg



体外循环术前准备---改良输血策略

旧

2U RBC + 1U FFP + / - Alb



新

0或Mini RBC + 0 FFP + 0 Alb + 人工胶体



体外循环术中监测



体外循环术中监测

➤ 平均动脉压（**MAP**）

- ✓ 随年龄递减，生理平均动脉压值越低；
- ✓ 转流初期**MAP**明显减低，紫绀患者血压降低更加明显；
- ✓ 常温状态下，需长时间并行者（如**PDA**，再次手术等），可酌情考虑用药；
- ✓ 浅低温状态，维持**30~40mmHg**即可；
- ✓ 中、深度低温血压**>20mmHg**；
- ✓ 及时判断血压是否受到过敏、插管位置等影响



体外循环术中监测

➤ 中心静脉压 (CVP):

CVP升高，提示静脉引流不畅。最常见的原因有：

- ✓ 腔静脉插管过深：上腔插管过深可至无名静脉或右颈总静脉，影响上肢、颜面部及头部血液回流。下腔插管过深至肝静脉，可使双下肢、腹腔脏器血液回流受阻。
- ✓ 腔静脉插管过粗或过细：体外循环过程中，保证充分的静脉回流对婴幼儿十分重要。术后毛细血管渗漏综合征，组织水肿与术中静脉回流密切相关。静脉引流通畅，**CVP**通常为**0**或负值。



体外循环术中监测

➤ 左房压（**LAP**）

- ✓ 指导体外循环停机前补充容量
- ✓ 可用以评价左心功能
- ✓ 评价外科畸形矫治是否成功



体外循环术中监测

➤ 温度

- ✓ 注意血温和水温的温差不要过大;
- ✓ 控制好降温和复温幅度;
- ✓ 紫绀患者视左心回血量多少进行降温;
- ✓ 变温毯对患儿十分重要



体外循环术中管理



体外循环术中管理

➤ 灌注流量

- ✓ 对婴幼儿来讲，灌注流量较灌注压力更有实际意义；
- ✓ 静脉血氧饱和度、**BE**、乳酸的变化是组织灌注是否充分的依据；
- ✓ 以**kg**计算灌注流量更加科学
 - 深低温**20~50ml/kg**
 - 浅低温和复温阶段，流量可高达**150-200ml/kg**



体外循环术中管理

➤ 保证有效的组织灌注

✓ 血流动力学监测

- 平均动脉灌注压
- 灌注流量
- 外周血管阻力

✓ 代谢指标监测

- 混合静脉血氧饱和度
- pH、BE
- Lac

✓ 药物

- 吸入麻醉药（七氟醚）
- α -受体阻断剂（立其丁等）



紫绀患儿体外循环管理





体外循环术中管理

➤ 温度管理

✓ 根据术中回血量选择目标温度

□ 浅度低温 ($> 28^{\circ}\text{C}$) :

□ 中度低温 ($25 \sim 28^{\circ}\text{C}$) :

□ 深度低温 ($< 25^{\circ}\text{C}$) :



体外循环术中管理

➤ 调节酸碱平衡

✓ 原因

- 机体碱储备不足
- 预充成分的影响
- 低温使氧释放减少
- 微循环障碍，影响组织氧摄取
- 低流量灌注组织缺血、缺氧

✓ 方法

- 根据预充液库血量补充碱
- 术中补碱
- 调节通气参数



体外循环术中管理

➤ 电解质

✓ 血钾

- 谨慎补钾

- 血钾 $> 3.0 \text{ mmol/L}$ 不需处理

- 合理给予利尿剂

- 如实施术中超滤应密切关注血钾变化

- 患儿回 **ICU** 后视检测情况泵入钾补充



体外循环术中管理

➤ 血钙

✓ 血钙降低主要原因

- 大量预充库血枸橼酸与血浆钙离子结合；
- 预充白蛋白与血浆钙离子结合；
- 碱中毒引起蛋白结合钙的比例增多

✓ 补钙

- 每**1**个单位库血补钙**0.5g**
- 心脏复跳后**5-10**分钟，常规补钙，增加血管张力和心肌收缩力



体外循环术中管理

➤ 血镁

- ✓ 血镁正常含量**0.75-0.9mmol/l**
- ✓ 生理作用：镁是数百种酶系统的辅因子。
- ✓ 常规预充：**0.6ml/kg或0.5mEq/kg**（**10%硫酸镁**）
0.24ml/kg(25%硫酸镁)
- ✓ 注意给药时机（镁可使小动脉、微动脉扩张，外周阻力降低和动脉血压下降）：前并行半量+后并行半量



体外循环术中管理

➤ 血钠

✓ 高钠

□原因：医源性补钠；高渗透压

□处理：用低钠液行平衡超滤

✓ 低钠

□原因：低钠液过度稀释（**HTK**）

□处理：补钠（**5%碳酸氢钠**或**10%氯化钠**）



体外循环术中管理

➤ 低血糖

- ✓ 转流前患儿处于低水平，**<60mg/dl**需密切关注变化，适时补充葡萄糖
- ✓ 结合转中变化（应激反应、预充液等）考虑补充
- ✓ 停机困难，过强应激反应，低氧、严重酸中毒等使得儿茶酚胺分泌增加，刺激肝糖元分解增加，无氧糖酵解使葡萄糖利用增加
- ✓ 补充方法：建议结合体外循环管路预充量+患儿血容量补充葡萄糖至正常水平



体外循环术中管理

➤ 高血糖

- ✓ 原因：胰岛素抵抗、生糖激素的分泌、炎症反应及细胞因子等
- ✓ 患儿术中血糖允许范围 **$<300\text{mg/dl}$**
- ✓ 患儿体外循环中慎用胰岛素
- ✓ 加深麻醉
- ✓ 结合术后血流动力学状况处理



体外循环重要脏器保护



重要脏器保护---心肌保护

	成分	灌注方式	灌注量	缺点
晶体	高钾、低钙	间隔 20~30 分 钟	首次 20ml/kg	稀释
HTK	低钾、低钠、 低钙，仿细胞 内液	2~3 小时	首次 40~50ml/k g	稀释；血钠水平明 显降低
氧合血	高钾	30 分钟	首次 20ml/kg	库血预充量大



HTK液*

□特点

- 含有三种氨基酸、低钾、低钠、无钙
- 仅行单次冠状动脉灌注（缺血2小时）
- 减少反复灌注引起未成熟心肌发生水肿
- 减少反复心肌灌注对手术的干扰

□应用方法（先快后慢）

- 灌注总量：40~50ml/kg
- 灌注时间：5~7min
- 灌注压力：50-80mmHg

* Liu J, Feng Z, Zhao J, Li B, Long C.. ASAIO J. 2008 Sep-Oct;54(5):470-3.



重要脏器保护---心肌保护

- **HTK** and 改良**St. Thomas'**

钠	➡	15 / 154	mM	➡
钙	➡	0.02 / 2.6	mM	➡
钾	➡	10 / 20	mM	➡
镁	➡	4 / 16	mM	
组氨酸/组氨酸-hcl	➡	180/18 / 0	mM	
色氨酸	➡	2 / 0	mM	
α-酮戊二酸	➡	1 / 0	mM	
甘露醇	➡	30 / 0	mM	
碳酸氢钠	➡	0 / 10	mM	



重要脏器保护---肺保护

✓ 充分引流

- 1套心外吸引+2套心内吸引

✓ 维持满意的胶体渗透压

- 人工胶体/白蛋白预充

- 常规超滤+改良超滤

✓ 减轻炎症反应

- 优质耗材

- 零平衡超滤

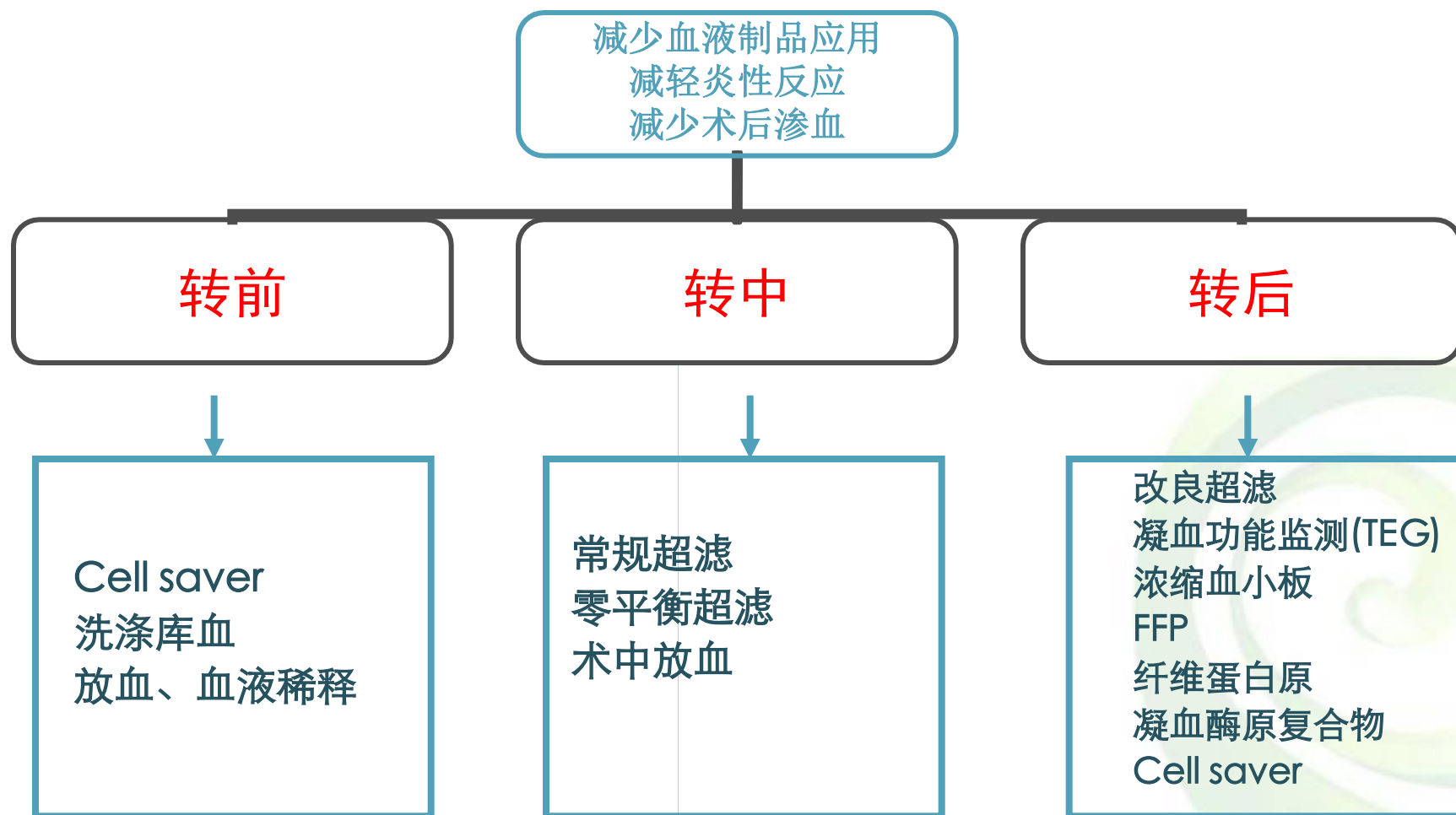
- 药物（甲基强的松龙）

- **Cell saver** 对库血洗涤

✓ 避免机械性损伤



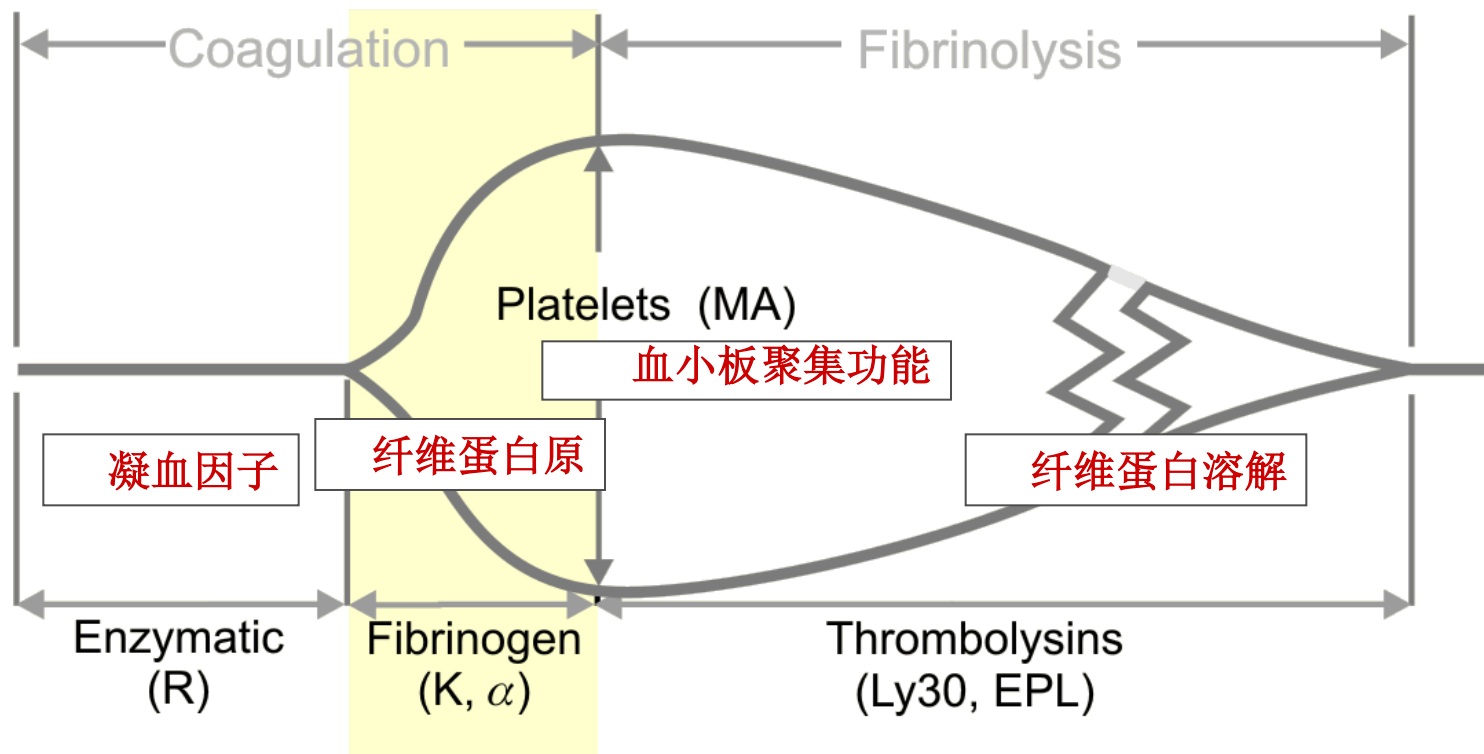
重要脏器保护---血液保护





紫绀患儿体外循环管理

➤ 重度紫绀患儿CPB后凝血功能严重受损——TEG监测





紫绀患儿体外循环管理

➤ 其它重要脏器保护

✓ 肾脏

- 游离血红蛋白损伤肾脏
- 侧枝循环降低肾脏灌注
- 低温保护
- 利尿剂

✓ 脑

- 加强监测 (**NIRS**)
- 低温保护
- 药物



重要脏器保护---肾脏保护

	时间	目的	补充液体
常规超滤 (CUF)	术中	提高血红蛋白浓度	悬浮红细胞
平衡超滤 (ZBUF)	术中	改善血液质量	平衡液
改良超滤 (MUF)	术后, 10~15 分钟	提高血红蛋白浓度; 改善血流动力学指标	悬红或平衡液



重要脏器保护---肾脏保护

➤ 改良超滤的优点:

- ✓ 体外循环后有效滤除体内水分，**10-15**分钟.
- ✓ 此装置在术中及术后均可使用.
- ✓ 可有效改善体外循环后血流动力学.
- ✓ 避免因小体重患儿术中液面难维持而无法进行超滤
- ✓ 节约库血预充



重要脏器保护---肾脏保护

➤ 改良超滤的缺点：

- ✓ 耗时
- ✓ 对机体温度的影响
- ✓ 超滤泵流速过快，会影响血流动力学指标



特殊病种体外循环简介



主动脉缩窄、弓中断

➤ 插管选择:

- ✓ 大小: 偏细
- ✓ 位置: 经无名动脉;

➤ 区域性脑灌注:

- ✓ ? **20~60ml/kg,**
- ✓ 维持右侧上肢压力**30-40mmHg**左右;



主动脉缩窄、弓中断

- 深低温下半身停循环;
 - ✓ 鼻温: **<25°C**;
 - ✓ 直肠温度: **<25 °C**
- 温度变化均匀(尤其是在复温阶段) ;
- 脑保护措施;
 - ✓ 血气管理: **α**稳态管理
 - ✓ 激素
 - ✓ 甘露醇
- 血液保护



双向格林或全腔

并行**CPB**

- 保温（浅低温水平）；
- 辅助流量 **$1/3 \sim 1/2$** 的全流量；
- 维持满意动脉压、静脉压；
- 准备充足的血浆、代血浆成分
- 停机前与麻醉大夫沟通



新生儿长时间体外循环

- 预充液成分;
- 灌注流量维持**150~200ml/kg**;
- 温度变化均匀;
- 全程超滤;
- 维持适合生理的灌注压、胶体渗透压;
- 血液保护

The background features a vibrant green color scheme. On the left, there are concentric, three-dimensional-looking swirls in various shades of green. Some of these swirls contain a delicate, light-colored floral or vine-like pattern. To the right, a larger, fainter swirl is visible in a pale green hue. The overall design is modern and artistic.

Thanks!
